

38802 02

## MEMORIA DESCRIPTIVA

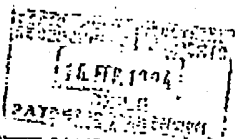
La invención se refiere a una composición activadora-espumante de buena selectividad, que se puede aplicar como reactivo complementario para la flotación de minerales sulfuros de Cu finamente molidos, así como también en el retratamiento de relaves de Cu provenientes de plantas de flotación, en cuyo caso se puede aplicar prácticamente como reactivo único.

### 1.0. DESCRIPCION DE LO CONOCIDO

#### 1.1. LA CONCENTRACION DE MINERALES EN LA INDUSTRIA MINERA

Se entiende por concentración o procesamiento de minerales la secuencia de operaciones que se efectúa con el producto o mena de un yacimiento, con el propósito de concentrar o separar el mineral de interés para la posterior extracción del metal valioso que contiene.

Por definición, las operaciones involucradas en una concentración no altera la naturaleza química de las especies mineralógicas contenidas en la mena. Esta característica constituye la diferencia básica respecto de métodos alternativos de tratamiento, tales como los procesos hidrometalúrgicos. Como resultado de una operación de concentración se obtiene un concentrado, que es



38802 3 04

en el retratamiento de rechazos de otros métodos de concentración, incluso, en el procesamiento de relaves antiguos de plantas de flotación, gracias a los nuevos avances y optimizaciones que se han alcanzado con esta técnica.

38802 2 03

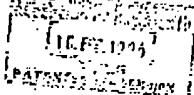
aquella fracción de la mena enriquecida con las especies mineralógicas que tienen valor económico, y un relave que contiene fundamentalmente minerales sin valor económico. A estos últimos se les conoce como ganga o estéril.

En general, la concentración de minerales involucra, como primer paso, la reducción de tamaño de la mena en etapas de chancado y moliendo, de manera de alcanzar una adecuada liberación entre los minerales valiosos y los de la ganga. La etapa posterior es la concentración propiamente tal, utilizándose diferentes procesos físicos o físico-químicos según sean las características de los minerales que se están procesando. Finalmente, después de un adecuado manejo del concentrado, éste queda apto para la extracción del metal valioso, la que tradicionalmente se realiza mediante un proceso pirometalúrgico.

Para fines de concentración, los diferentes métodos utilizados aprovechan alguna diferencia física o físico-química entre los minerales valiosos y los de la ganga. Tales diferencias pueden ser las relacionadas con el peso específico (concentración gravitacional), con propiedades superficiales (concentración por flotación), con propiedades magnéticas (concentración magnética), con propiedades de conductividad eléctrica (concentración electrostática) o, simplemente, con alguna propiedad óptica (concentración por selección).

## 1.2. LA FLOTACION COMO METODO DE CONCENTRACION

La flotación es, sin duda, el método más importante y versátil de concentración de minerales. Este proceso ha permitido el tratamiento de menas con leyes menores y de composición más compleja, lo que, de otra manera, no habría resultado económico. Aun más, la flotación se ha aplicado exitosamente



38802

4

05

Cinc

Esferita (ZnS)

Esmithsonita (ZnCO<sub>3</sub>)CobreBornita (2 Cu<sub>2</sub>S + CuS + FeS)(Cu<sub>2</sub>FeS<sub>4</sub>)

Calcopirita (CuFeS)

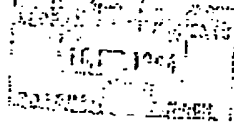
Calcosina (CuS)

Covelina (CuS)

HierroHematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)Magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)Pirita (FeS<sub>2</sub>)OroCalaverita (AuTe<sub>2</sub>)Silvanita (Ag-Au) Te<sub>2</sub>PlataArgentita (Ag<sub>2</sub>S)Prustita (Ag<sub>3</sub>S<sub>2</sub>As)PlomoCerusita (PbCO<sub>3</sub>)

Galena (PbS)

La teoría de la flotación es compleja, no existiendo aún una comprensión absoluta de todos los mecanismos involucrados. Este método utiliza las diferentes propiedades físico-químicas superficiales de los minerales presentes en la mena. Las partículas de mineral, finamente molidas y dispersas en una pulpa (mezcla de mineral y agua), son acondicionadas con determinados reactivos químicos, los cuales, al absorberse selectivamente en la superficie de algunos minerales, les proporcionan propiedades de hidrofobicidad o repelencia al contacto con el agua. De esta manera, si se introduce en la pulpa una fase gaseosa, tal como burbujas de aire, las partículas hidrófobas se adherirán a las



38802

0.6

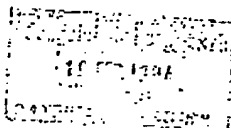
burbujas y serán transportadas por éstas a la superficie de la pulpa. Por el contrario, el resto de las partículas minerales se dirán hidrófilas y permanecerán en el interior de la pulpa.

Los reactivos de flotación más importantes son los llamados colectores, que son aquellos que proporcionan las características de hidrofobicidad a determinadas partículas de mineral. Sin embargo, para el éxito del proceso es imprescindible también la utilización de reactivos conocidos como espumantes, responsables de mantener una estabilidad razonable en la espuma mineralizada que se forma en la superficie de la pulpa, y la de reactivos conocidos como reguladores, responsables de activar o impedir la acción de los colectores y de controlar el pH de la pulpa (nivel de alcalinidad o acidez).

### 1.3. REATIVOS COLECTORES

Los colectores son los compuestos orgánicos responsables de proporcionar características de hidrofobicidad a determinados minerales, lo que ocurre por la absorción de moléculas o iones del reactivo en la superficie del mineral. Esta absorción reduce la estabilidad de la capa hidratada que separa la superficie del mineral de la burbuja de aire hasta un nivel en que puede establecerse el contacto. En solución acuosa, las moléculas de colector pueden disociarse en iones o ser prácticamente insolubles, caso en el cual la hidrofobicidad se alcanza por la cobertura de la superficie del mineral con una delgada película del colector.

En general, los colectores son usados en pequeñas cantidades, lo suficiente para formar una capa monomolecular en la superficie mineral. Una

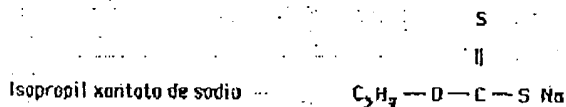
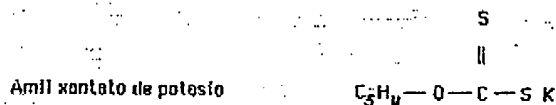


38802 6 07

mayor cantidad es un costo adicional innecesario, además de promover la flotación de otros minerales, reduciendo la selectividad de la concentración.

Los colectores iónicos son los que tienen mayor aplicación en flotación. Se trata de moléculas de estructura asimétrica y heteropolares. El radical hidrocarbonado no polar tiene una pronunciada repelencia al agua, en tanto que la parte polar reacciona con el agua y establece algún tipo de atracción física o química con la superficie mineral.

Entre los colectores iónicos, el grupo de los aniónicos y, en particular los del tipo sulfhídrico, llamados xantatos, son los colectores típicos para la flotación de minerales del tipo sulfuros. Representantes típicos de estos colectores son los siguientes:



Se cree que los xantatos se absorben sobre la superficie de los minerales debido a reacciones químicas entre el grupo polar y la superficie, formándose xantatos metálicos insolubles fuertemente hidrófobos. Las investigaciones en este campo han mostrado que una acción previa del oxígeno en la superficie mineral favorece la acción del colector, ya que se atribuye gran importancia al proceso de intercambio iónico entre el xantato y los productos de oxidación en la superficie del mineral. Los xantatos son normalmente utilizados en pulpas

16.1.1904  
BHG&L CHICAGO

38802

08

ligeramente alcalinas, ya que se descomponen en medio ácido y en ambiente muy alcalino, los iones hidróxido ( $-OH$ ) pueden desplazar a los iones xantato de la superficie mineral.

Los ditiofosfatos son también importantes colectores sulfhídricos, aunque de menor utilización que los xantatos. Son comparativamente más débiles que éstos, pero dan buenos resultados cuando se emplean en conjunto.

Los colectores catiónicos, entre los cuales las aminas son los más comunes, se utilizan para la flotación de minerales tales óxidos y carbonatos. Estos colectores son muy sensibles al pH de la pulpa, teniendo mayor actividad en un medio ligeramente ácido. A diferencia de lo que ocurre con los xantatos, se considera que las aminas se absorben fundamentalmente por atracciones electrostáticas entre la parte polar del colector y la superficie del mineral. Estas fuerzas no son tan fuertes o irreversibles como las reacciones químicas de los reactivos aniónicos, de modo que sus propiedades colectoras son más débiles.

Los colectores oxhidrilicos, entre los cuales los carboxilicos o ácidos grasos son los más importantes, se utilizan en la flotación de minerales, tales como los llamados no metálicos y carbonatos de metales no ferrosos. Los ácidos grasos son colectores fuertes pero tienen baja selectividad.

#### 1.4. REACTIVOS ESPUMANTES

Con posterioridad a la hidrofobicidad que el mineral ha alcanzado por la acción de un colector, la estabilidad de la unión con la burbuja de aire depende, en gran medida, de la eficiencia de los reactivos conocidos como espumantes.

38802

09

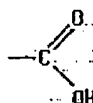
Los espumantes son generalmente compuestos orgánicos heteropolares, capaces de absorberse en la interfase aire-agua, con la parte no polar orientada hacia la fase gaseosa, estabilizando la burbuja de aire a través de una disminución de la tensión superficial.

Los espumantes más eficaces incluyen en su composición alguno de los siguientes grupos:

- Grupo hidroxilo



- Grupo carboxilo



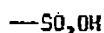
- Grupo carbonilo



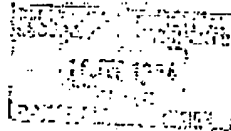
- Grupo amina



- Grupos sulfo



Los reactivos del tipo alcoholes ( con grupo hidroxilo ) son los más utilizados, ya que prácticamente no tienen propiedades colectoras, característica que se reconoce como deseable en un buen espumante para no interferir en la selectividad del proceso. Como ejemplos, se puede citar el aceite de pino y el ácido cresílico, compuestos en base a alcoholes aromáticos.



38802

9. 10

Se utiliza también una variedad de espumantes sintéticos compuestos principalmente de alcoholes de alto peso molecular. La ventaja de estos reactivos, respecto del aceite de pino y el ácido cresílico, es que son compuestos más estables, permitiendo un mejor control en el proceso.

#### 1.5. REACTIVOS REGULADORES

Los reguladores o modificadores son usados en flotación para modificar la acción del colector, ya sea intensificando o reduciendo el efecto hidrófobo en la superficie mineral. Se clasifican en activadores, depresantes y modificadores de pH.

Los activadores alteran la naturaleza química de la superficie mineral de manera que el colector pueda adsorberse en dicha superficie. Generalmente son sales solubles que ionizan en solución acuosa, de manera que los iones son los que reaccionan con la superficie mineral. Un ejemplo clásico es la activación del sulfuro de cinc (esfalerita) por iones cobre en solución. La esfalerita flota deficientemente con un colector del tipo xantato, ya que el xantato de cinc formado en la superficie es relativamente soluble. La presencia de iones cobre conduce a la formación de moléculas superficiales de sulfuro de cobre, las que reaccionan rápidamente con el xantato para formar xantato de cobre insoluble y, de esta manera, dejar la superficie con características hidrófobas.

Los depresantes son utilizados para aumentar la selectividad de la flotación, lo que se obtiene al impedir la acción del colector en determinados minerales. La acción de los depresantes suele ser más compleja y menos comprendida, lo que se traduce en que su control es más difícil respecto de los



38802

10

11

otros reactivos. A modo de ejemplo, se puede citar la acción de cianuros en la flotación selectiva de sulfuros, tales como el cianuro de sodio. Este reactivo puede reaccionar con los xantatos metálicos formados en la superficie mineral, formando complejos de mayor solubilidad y, por lo tanto, haciendo menos eficaz la acción del colector.

Los modificadores de pH se utilizan para regular el nivel de alcalinidad o acidez de la pulpa, lo que también es un medio eficaz de controlar la selectividad en la flotación. Generalmente se procura realizar las flotaciones en medios ligeramente alcalinos, ya que la mayoría de los colectores son estables en estas condiciones y, además, se reducen al mínimo los problemas de corrosión en equipos e instalaciones. Para pulpas alcalinas se utilizan normalmente cal y, para pulpas ácidas, se utiliza ácido sulfúrico.

## 2.0. DESCRIPCION DE LA INVENCIÓN

### 2.1. DESCRIPCION GENERAL DEL REACTIVO INVENTADO

El reactivo inventado se puede clasificar como una composición activadora-espumante, de buena selectividad, y que se puede aplicar como reactivo complementario para la flotación de minerales sulfuros de Cu finamente molidos, aproximadamente bajo la malla 150. Asimismo, es aplicable en el retratamiento de relaves de Cu provenientes de plantas de flotación, caso en el cual puede aplicarse prácticamente como reactivo único. Siendo bastante soluble, requiere de poco tiempo de homogenización o acondicionamiento.

RECEIVED  
JUN 29 1904  
BUREAU OF MINES  
WASHINGTON, D.C.

38802

12

El reactivo inventado es estable en un amplio intervalo de pH, aún cuando los mejores resultados han sido obtenidos para valores de pH entre 6 y 7. Al parecer, la acción del reactivo inventado es notoriamente mejorada en presencia de una aireación adecuada de la pulpa, lo que explicaría los buenos resultados al aplicarlo en flotaciones en sistema de cascada y en caldas con agitación intensa.

El reactivo inventado es una combinación adecuada de compuestos que, en mayor o menor medida, están relacionados con la industria minera. Estos son aceite de pino, peróxido de hidrógeno, bicarbonato de sodio y sulfuro de sodio, cuyas descripciones y probables mecanismos de acción son los que se indican a continuación:

## 2.2. COMPONENTE ACEITE DE PINO

El aceite de pino pertenece a la categoría de reactivos espumantes utilizados en flotación de minerales, y como tal, es responsable de la estabilidad de la fase espuma en dicho proceso.

En general, el aceite es una mezcla de compuestos orgánicos heteropares, capaz de ser absorbida en la interfase aire-agua. En solución acuosa, los dipolos del agua se combinan rápidamente con los grupos polares del aceite de pino, pero prácticamente no hay reacción con el grupo hidrocarburo no polar, y la tendencia es forzar a este último hacia el interior de la fase aire. De este modo, la acción de este compuesto se traduce en su absorción en la

38802

13 14

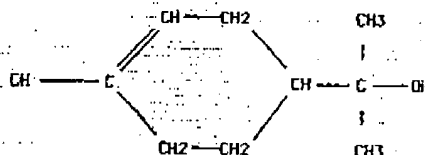
puede actuar como depresante para una gran cantidad de minerales sulfurados; es una práctica común flotar primero los sulfuros y luego los óxidos, con la

38802

-12 13

interfase aire-agua, con lo cual estabiliza adecuadamente los burbujes de aire que transportan las partículas sólidas mineralizadas.

Más específicamente, el aceite de pino está compuesto por una serie de alcoholes, entre los cuales el constituyente más importante es el alfo-terpíneol. En la estructura de este componente, el grupo hidroxilo (-OH) es la parte polar.



### 2.3. COMPONENTE SULFURO DE SODIO

El sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) pertenece a la categoría de reactivos de flotación conocidos como modificadores, los cuales, en general, alteran las características superficiales de las partículas minerales con fines de activación o depresión.

Una aplicación característica del sulfuro de sodio tiene que ver con la activación por sulfurización de minerales oxidados, debiendo tenerse una adecuada regulación de la cantidad agregada, ya que una dosificación excesiva

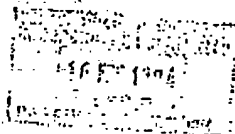
38802

14 15

Entre las aplicaciones que puede mencionarse está su dosificación en operaciones de flotación selectiva de minerales de cobre y molibdeno. En este caso, en un ambiente de acondicionamiento ácido, se utiliza para ayudar a la depresión de cobre en la etapa de flotación de molibdeno. El peróxido (alimentado en solución al 50%) sirve para transformar los colectores sulfhídricos solubles en agua en materiales insolubles.

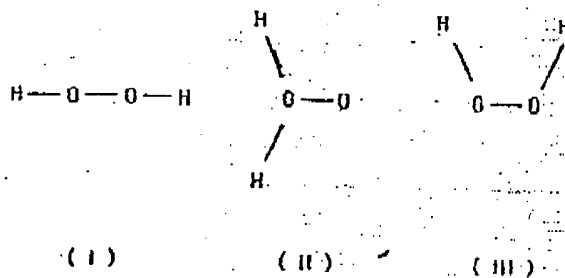
Va que el peróxido de hidrógeno puro no está usualmente disponible ni se prepara fácilmente; las constantes físicas de soluciones acuosas son de mayor valor práctico que las del peróxido puro. En todo caso, se puede mencionar que la estabilidad del peróxido de hidrógeno depende del grado al cual está purificado. Para un peróxido muy puro, la descomposición es tan baja como 0.0008 % a 0.0002 % por hora a 50°C. Varios factores parecen influir en la descomposición del peróxido, tales como la temperatura, la presencia de ciertas materias en suspensión, el pH y la radiación. Los iones hidróxidos causan descomposición rápida del peróxido de hidrógeno. El efecto del pH ha sido bien estudiado, determinando una estabilidad óptima para pH 4.

Existen dos posibles estructuras del peróxido de hidrógeno: la simétrica (I o II) y la asimétrica (II). De acuerdo a su comportamiento químico, pareciera ser más probable las estructuras simétricas, aún cuando, bajo ciertas condiciones, como muy bajas temperaturas, puede esperarse la estructura asimétrica.



38802

15 16

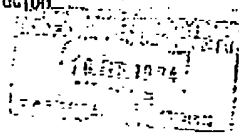


## 2.5. COMPONENTE BICARBONATO DE SODIO

El bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) también podría considerarse un reactivo modificador, aunque no se tienen mayores antecedentes de su utilización en flotación.

El bicarbonato se descompone a temperaturas moderadas, comenzando a perder dióxido de carbono a  $50^\circ\text{C}$  aproximadamente, siendo esencialmente carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sobre  $100^\circ\text{C}$ . Por otra parte, se descompone fácilmente en presencia de ácidos débiles. Ya que el bicarbonato es un producto farmacéutico, tiene especificaciones estrictas de pureza, con niveles de 99,8 % a 99,9 % para su comercialización.

Mayor relación con la flotación es la que tiene el carbonato de sodio o ceniza de soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Cuando las lamas de ganga constituyen un problema serio, la ceniza de soda puede ser eficaz para mejorar tanto la ley del concentrado como la recuperación.



38802

16

17

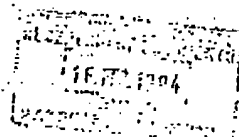
## 2.6. COMPOSICION DEL REACTIVO INVENTADO

La composición del reactivo de la presente invención, se debe preparar usando cantidades suficientes de los cuatro componentes indicados, (a) aceite de pino, (b)  $\text{Na}_2\text{S}$ , (c)  $\text{H}_2\text{O}_2$  y (d)  $\text{NaHCO}_3$ , para preparar un reactivo activador-espumante, de buena selectividad para ser aplicado en procesos de flotación de minerales tipo sulfuros de Cu.

Las cantidades de cada componente empleados muy ventajosamente para preparar la composición de este reactivo inventado, variarán dependiendo de los componentes (a), (b), (c) y (d) empleados, de la mina específica que está siendo tratada y de los regímenes deseados de recuperación y selectividad.

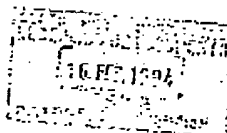
La composición comprende aproximadamente de 1% a 10%, más preferiblemente de 2% a 5% del componente (a), aproximadamente de 10% a 30%, más preferiblemente de 12% a 20% del componente (b) en solución al 10%, de aproximadamente 15% a 36%, más preferiblemente de 22% a 34 % del componente (c) en solución al 50% y aproximadamente 20% a 40%, más preferiblemente de 25% a 38% del componente (d).

De forma aún más preferible, la composición del reactivo activador-espumante inventado, comprende aproximadamente de 3% a 7% en peso del componente (a), de aproximadamente un 13% a 18% en peso del componente (b), de aproximadamente 25% a 33% en peso del componente (c) y de aproximadamente 26% a 34% en peso del componente (d).



38802 17 18

A continuación se incluyen algunos ejemplos de la nueva composición inventada, los cuales solamente tienen por objeto servir de ilustración y no constituyen limitaciones de la misma.



38802

18

19

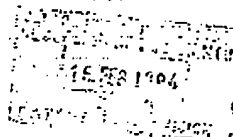
## 3.0. EJEMPLOS DE APLICACION

## MINERAL UTILIZADO

El comportamiento del reactivo inventado ha sido probado fundamentalmente en la recuperación de cobre a partir de relaves de plantas de flotación, siendo el sulfuro calcopirita el mineral de cobre predominante. El análisis del contenido de cobre por fracción granulométrica, realizado en el Laboratorio S. G. S. Chile, es el que se indica a continuación:

| TAMAÑO      |       | COBRE      |              |
|-------------|-------|------------|--------------|
| MALLA (°)   | (%)   | LEV (% Cu) | DISTRIB. (%) |
| + 150       | 29,6  | 0,14       | 22,6         |
| - 150 + 180 | 7,5   | 0,12       | 4,9          |
| + 180 + 200 | 5,8   | 0,12       | 3,8          |
| - 200       | 57,1  | 0,22       | 68,7         |
| TOTAL       | 100,0 | 0,18       | 100,0        |

El objetivo planteado con la utilización del reactivo inventado estaba orientado a obtener altas recuperaciones en la obtención de un preconcentrado o concentrado primario y, además, que tuviera leyes compatibles con las que requiere como alimentación a un circuito convencional de flotación, esto es con valores del orden del 1,0 % de cobre o superiores.





38802 19 20

## EJEMPLO Nº 1

Relaves con las características indicadas anteriormente se procesaron en instalaciones tipo cascada, que consiste en el paso del relave por una serie de saltos equidistantes unos de otros a fin de producir una espumación. El reactivo inventado se aplicó en la alimentación al sistema, con posterioridad al ajuste de pH con adición de col.

Las muestras de concentrado se obtuvieron para cuatro dosificaciones del reactivo inventado, para lo cual se procedió a recoger la espuma por espacio de 10 minutos a continuación de cada salto. Los concentrados eran conducido a un canal oltorno y luego eran secados, pesados y enviados a análisis químico. Los resultados obtenidos son los que se indica a continuación:

| PRUEBA | REACTIVO<br>(g/ton) | pH  | COBRE CONCENTRADO |              |
|--------|---------------------|-----|-------------------|--------------|
|        |                     |     | LEY (% Cu)        | RECUPER. (%) |
| 1      | 400                 | 6,5 | 3,20              | 90,0         |
| 2      | 300                 | 6,5 | 2,80              | 85,0         |
| 3      | 200                 | 6,5 | 1,75              | 75,0         |
| 4      | 100                 | 6,5 | 1,20              | 60,0         |

38802

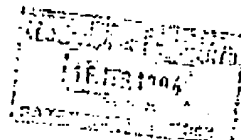
20

21

## EJEMPLO Nº 2

El mismo relave indicado anteriormente se procesó en una celda unitaria de flotación con capacidad de 3,86 m<sup>3</sup>, con mecanismo de agitación convencional, pero aumentando su velocidad a 2.000 r.p.m. En este caso, los resultados obtenidos en función de la dosificación del reactivo inventado, fueron los siguientes:

| COBRE CONCENTRADO |         |     |            |            |
|-------------------|---------|-----|------------|------------|
| REACTIVO          |         |     |            |            |
| PRUEBA            | (g/ton) | pH  | LEY (% Cu) | RECUP. (%) |
| 1                 | 200     | 6,5 | 4,20       | 91,0       |
| 2                 | 150     | 6,5 | 3,44       | 82,3       |
| 3                 | 100     | 6,5 | 1,76       | 68,0       |
| 4                 | 50      | 6,5 | 0,82       | 40,0       |



38802

21 22

REIVINDICACIONES

1.- Una composición activadora-espumante, de buena selectividad y que se puede aplicar como reactivo complementario para la flotación de minerales sulfuros de Cu finamente molidos y en el retratamiento de relaves de Cu provenientes de plantas de flotación como reactivo único, **CARACTERIZADA** porque consta de:

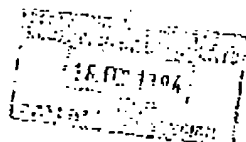
- a) aproximadamente 1% a 10%, más preferiblemente de 2% a 8%, en peso de aceite de pino.
- b) aproximadamente 10% a 30%, más preferiblemente de 12% a 20%, en peso de sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S) en solución al 10%.
- c) aproximadamente 15% a 36%, más preferiblemente de 22% a 34%, en peso de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en solución al 50%, y
- d) aproximadamente 20% a 40%, más preferiblemente de 25% a 38%, en peso de bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>).

2.- La composición activadora-espumante de la reivindicación 1, **CARACTERIZADA** porque contiene, de preferencia, de 3% a 7% en peso de aceite de pino.

3.- La composición activadora-espumante de la reivindicación 1, **CARACTERIZADA** porque contiene, de preferencia, de 13% a 18% en peso de sulfuro de sodio.

4.- La composición activadora-espumante de la reivindicación 1, **CARACTERIZADA** porque contiene, de preferencia, de 25% a 33% en peso de peróxido de hidrógeno.

5.- La composición activadora-espumante de la reivindicación 1, **CARACTERIZADA** porque contiene, de preferencia, de 26% a 34% de bicarbonato de sodio.



**Translation of Chilean Patent # 38802****DESCRIPTIVE MEMORANDUM**

The invention refers to a promotor-frother composition of good selectivity that can be applied with complementary reagents for the flotation of finely-ground copper sulfide minerals as well as in the retreatment in the tailings of the concentrates provided by flotation plants, in which case they can be practically applied as one reagent.

**1.0 DESCRIPTION OF THE CONCEPT****1.1 THE CONCENTRATION OF MINERALS IN THE MINERAL INDUSTRY**

It is understood that the concentration or processing of minerals is a sequence of operations that are effective with the tailings or ore deposit, with the object of the concentrator to separate the mineral of interest in order to later extract the metal values that are contained.

By definition, the operations *involucrades* in the concentration do not alter the natural chemistry of the mineralogical species contained in the ore. This characteristic constitutes the basic difference with respect to the alternative methods of treatment such as hydrometallurgical processing. With the results of a concentration operation, one obtains a concentrate that is that fraction of the ore enriched with the mineralogical species that have economic value and a tailing that contains fundamental minerals with no economic value, which are known as gangue.

In general, the concentration of the minerals *involucro*, in the first step, is reduction of the size of the ore in the stage of crushing and grinding, to obtain adequate liberation of the valuable minerals from the gangue. The later stage is the actual concentration utilizing different physical processes or physical-chemical processes, depending on the minerals that are being processed. Finally, after the adequate handling of the concentrate, the metal values are extracted, traditionally by a pyrometallurgical process.

In order to accomplish the concentration, different methods that are used make use of physical and physical-chemical differences among the valuable minerals and those of the gangue. Such differences can be the relationships of the specific gravity (gravity concentrations), the surface properties (flotation concentration), magnetic properties (magnetic concentration), properties of electrical conductivity (electrostatic concentration) or, simply, some optical property (concentration by selection).

**1.2 FLOTATION AS THE METHOD OF CONCENTRATION**

Flotation is, without doubt, the most important and versatile method of mineral concentration. This process has permitted the treatment of ores of lower grades and more complex composition than do not have economic results with other methods.

Furthermore, flotation has *noticedo exilosamente* in the retreatment of rejects from other methods of concentration or, inclusively, in the processing of old tailings from flotation plants, thanks to new advances and optimizations that have been pursued with this technology.

SOME PARAGRAPHS ARE MISSING FROM THE COPY

Zinc

Sphalerite ( $\text{ZnS}$ )  
Smithsonite ( $\text{ZnCO}_3$ )

Gold

Caleverite ( $\text{AuTe}_2$ )  
Silvanite ( $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ )

Copper

Bornite ( $2\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Cu}_3\text{FeS}_4$ )  
( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )  
Chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ )  
chalcocite ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )  
covellite ( $\text{CuS}$ )

Silver

Argentite ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )  
Prustite ( $\text{Ag}_3\text{S}_3\text{As}$ )

Iron

Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )  
Pyrite ( $\text{FeS}_2$ )

Lead

Cerussite ( $\text{PbCO}_3$ )  
Galena ( $\text{PbS}$ )

The theory of flotation is complex; a single absolute understanding does not exist of all the mechanisms *involvedos*. This method utilizes the different physical-chemical surface properties of the minerals present in the ore. The mineral particles, finely ground and dispersed in a pulp (a mixture of mineral and water), are conditioned with determined chemical reagents, which are selectively absorbed on the surface of some minerals, that provide the properties of hydrophobicity or repellency upon contact with water. In this method, if a gaseous phase is introduced into the pulp, the hydrophobic particles adhere to the bubbles and are transported by them to the surface of the pulp. On the contrary, the rest of the mineral particles remain hydrophilic and remain inside the pulp.

The most important flotation reagents are called collectors, because those impart the characteristics of hydrophobicity to the specified mineral particles. Notwithstanding, in order to exit the process, reagents known as frothers must be utilized, responsible for maintaining a reasonable stability in the mineralized froth that form on the surface of the pulp, and reagents known as regulators, responsible to activate or impede the action of the collectors and control the pH of the pulp (level of alkalinity or acidity).

### 1.3 COLLECTING REAGENTS

The collectors are organic components responsible for furnishing hydrophobicity to the selected minerals, which occurs by the absorption of the molecules or ions of the reagent on the surface of the mineral. This absorption reduces the stability of the hydrated layer that separates the mineral surface from the bubble of air until at a level in

which the contact can be established. In an aqueous solution, the collector molecules can disassociate into ions or be effectively insoluble, in which case the hydrophobicity is achieved by covering the mineral surface with a thin film of the collector.

In general, the collectors are used in small quantities that are sufficient to form a monomolecular layer on the mineral surface. A large quantity is an unnecessary additional cost; moreover, it promotes the flotation of other minerals, reducing the selectivity of the concentration.

The ionic collectors are those that have the major application in flotation. Molecules with asymmetric structures and heteropolarity are used. The hydrocarbon radical has no polarity, which produces repellency in water; overall it is the polar portion that reacts with the water and establishes some type of physical or chemical attraction to the mineral surface.

Among the ionic collectors, a group of anionics and, in particular the hydrosulfide type called xanthates, are the typical collectors for the flotation of sulfide minerals. Typical representatives of these collectors are the following:



It is believed that the xanthates are absorbed over the mineral surfaces due to chemical reactions between the polar group and the surface, forming insoluble metal xanthates that are strongly hydrophobic. Investigations into this area have shown that previous reaction with oxygen on the mineral surface favors the action of the collector, so that great importance can be attributed to the process of ionic exchange between the xanthate and the oxidation products on the mineral surface. Xanthates are normally utilized in slightly alkaline pulps, because they decompose in acid media and in very alkaline environments the hydroxide ion ( $-\text{OH}$ ) can displace the xanthate ions from the mineral surface.

Dithiophosphates are also important sulfide collectors, however of less utilization than the xanthates. They are comparatively weaker than those, but good results can occur when they are used in conjunction with each other.

The cationic collectors, among which the amines are the most common, are utilized for the flotation of minerals that are oxides and carbonates. Those collectors are very sensitive to the pH of the pulp and have best activity in slightly acid media. In contrast to that which occurs with the xanthates, it is considered that the amines are absorbed fundamentally by electrostatic attraction between the polar part of the collector

and the mineral surface. These forces are not as strong or irreversible as the chemical reactions of the anionic reagents, with the result the their collecting properties are more feeble.

The oxyhydride collectors, among which the carboxylics and fatty acids are the most important, are utilized in the flotation of minerals that are called non-metallics and carbonates of non-ferrous metals. The fatty acids are strong collectors but have low selectivity.

#### 1.4 FROTHER REAGENTS

After making the mineral hydrophobic through the action of the collector, the stability of its union with the air bubbles depends, to a great extent, on the efficiency of the reagents known as frothers.

The frothers are generally heteropolar organic constituents that are absorbed in the air-water interface with the non-polar part oriented toward the gaseous phase, stabilizing the air bubbles or leaning toward the lessening of the surface tension.

The most efficient frothers include in their composition some of the following groups:

|                  |  |
|------------------|--|
| Hydroxide group  | --OH   |
| Carboxylic group | $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{--C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ |
| Carbonyl group   | --C=O  |
| Amine group      | --NH <sub>2</sub>  |
| Sulfur group     | --OSO <sub>2</sub> OH<br>--SO <sub>2</sub> OH  |

Reagents of the alcohol group (with the hydroxide group) are the most utilized, and in practice have no collecting properties, characteristically recognized as desirable as a good frother because it does not interfere in the selectivity of the process. As examples, pine oil and cresylic acid can be cited, composed basically of aromatic alcohols.

A variety of synthetic frothers is also used, composed principally of alcohols of low molecular weight. The advantage of these reagents, especially pine oil and cresylic acid, is that they are more stable mixtures, permitting a greater control of the process.

## 1.5 REGULATING REAGENTS

The regulators or modifiers are used in flotation to modify the action of the collector, that is intensification or reduction of the hydrophobic effect on the mineral surface. They are classified as activators, depressant and pH modifiers.

The activators alter the natural chemistry of the mineral surface in such a manner that the collector can be absorbed on said surface. Generally they are soluble salts that ionize in aqueous solution, in such a manner that the ions are such that they react with the mineral surface. A classic example is the activation of zinc sulfide (sphalerite) by copper ions in solution. The sphalerite floats poorly with a typical xanthate collector, because the zinc xanthate formed on the surface is relatively soluble. The presence of the copper ions lead to a formation of copper sulfide surface molecules, that react rapidly with the xanthate forming insoluble copper xanthate and, in this manner, give the surface hydrophobic character.

The depressants are utilized to augment the selectivity of the flotation, so that an impedance is obtained to the action of the collector on determined minerals. The action of the depressants appear to be more complex and less understood in that they are traditionally more difficult to control with respect to the other reagents. An example is the action of cyanide in the selective flotation of sulfides, particularly sodium cyanide. This reagent can react with the metal xanthates formed on the mineral surface forming predominantly soluble complexes and, overall, makes the action of the collector less effective.

The pH modifiers are used to regulate the level of alkalinity or acidity of the pulp, where it is also an effective medium to control the flotation selectivity. Generally, the flotation can be managed in media that are weakly alkaline, seeing that the majority of collectors are stable in those conditions and, furthermore, the problems of equipment corrosion and installation are reduced to a minimum. For alkaline pulps, normal lime is used and, for acid pulps, sulfuric acid is used.

## 2.0 DESCRIPTION OF THE INVENTION

### 2.1 GENERAL DESCRIPTION OF THE INVENTED REAGENT

The invented reagent can be classified as a promoter-frother composition, of good selectivity, and that can be applied with complementary reagents for the flotation of Cu sulfide minerals, finely ground, approximately less a 150 screen. In the same way, it is applicable in the retreatment of Cu tailings coming from flotation plants, in which cases it can be applied practically as a single reagent. As it is not soluble enough, it requires a small time of homogenization or conditioning.

The invented reagent is stable in a wide range of pH, although the best results have been obtained at pH values from 6 to 7. It can be seen that the action of the



invented reagent is a marked improvement in the presence of an adequate aeration of the pulp, that explains the good results in the application in the system of cascading flotation and in cells with intense agitation.

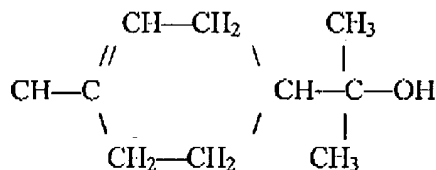
The invented reagent is a proper combination of components that, in a major or minor way, are related to the mineral industry. These are pine oil, hydrogen peroxide, sodium bicarbonate, and sodium sulfide, whose descriptions and probable mechanisms of action are indicated in the following.

## 2.2 PINE OIL COMPONENT

The pine oil belongs to the category of frother reagents utilized in the flotation of minerals, and as such, it is responsible for establishing the froth phase in the said process.

In general, the oil is a mixture of heteropolar organic compounds, capable of being absorbed in the air-water interface. In aqueous solution, the dipoles of the water combine rapidly with the polar groups of the pine oil, but in practice there is no reaction with the non-polar hydrocarbon group, and the tendency is to push the latter to the interior of the air phase. In this mode, the action of this mixture can be changed in its absorption in the air-water interface, with the adequate stabilization of the air bubbles that transport the solid mineral particles.

More specifically, pine oil is a mixture of alcohols, among which the most important is the alpha terpineol. In the structure of this component, the hydroxide group (-OH) is the polar part.



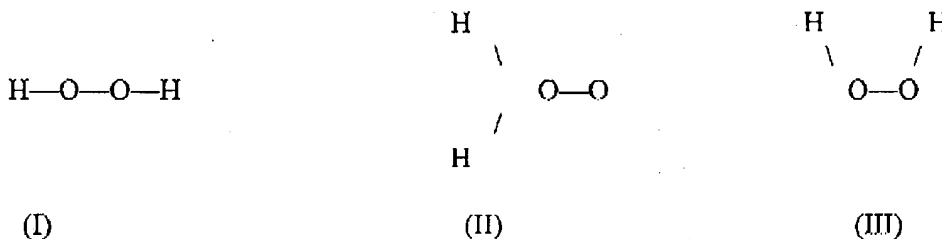
## 2.3 SODIUM SULFIDE COMPONENT

Sodium sulfide ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) belongs to the category of flotation reagents known as modifiers, whose quality, in general, alters the surface characteristics of the mineral particles with the object of activation or depression. One characteristic application of sodium sulfide that can be seen is the activation by sulfidization of oxide minerals, *debiendo* to have an adequate control of the overall quantity, because an excessive dosage can actually depress a major quantity of the sulfide minerals; it is a common practice to float first the sulfides and then the oxides with the.....

**REMAINING PARAGRAPH(S) ARE MISSING FROM COPY****2.4 HYDROGEN PEROXIDE COMPONENT****FIRST PARAGRAPH(S) ARE MISSING FROM COPY**

Among the applications that can be mentioned is the dosification in flotation operations selective for copper and molybdenum minerals. In that case, in an acid conditioning environment, it is utilized to assist in the depression of copper during the steps of molybdenum flotation. The peroxide (fed in a 50% solution) serves to transform the collector sulfur hydride, soluble in water, to an insoluble material. The pure hydrogen peroxide is not usually disposable nor is it easily prepared; the physical constants of the aqueous solutions are of more practical value than the purity of the peroxide. In all cases, it can be mentioned that the stability of the hydrogen peroxide depends on the grade to which it was purified. For a very pure peroxide, the decomposition is lower than 0.0008% to 0.0002% per hour at 50°C. Various factors can influence the decomposition of the peroxide such as the temperature, the presence of certain materials in suspension, the pH and radiation. Hydroxide ions cause rapid decomposition of the hydrogen peroxide. The effect of pH has been well studied, determining an optimum of pH 4.

There exist two possible structures for hydrogen peroxide: the symmetrical (I or III) or the asymmetrical (II). According to its chemical behavior, the symmetrical structure appears to be more probable, nevertheless when, under certain conditions, with very low temperatures, the asymmetrical structure can be expected.

**2.5 SODIUM BICARBONATE COMPONENT**

Sodium bicarbonate also should be considered as a reagent modifier, although it has no major precedent of utilization in flotation.

The bicarbonate decomposes at moderate temperatures, beginning to lose carbon dioxide at about 50°C, becoming essentially sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) above 100°C. On the other hand, it decomposes readily in the presence of weak acids. Since the bicarbonate is a pharmaceutical product, it has strict specifications of purity with levels of 99.8% to 99.0% for commercialization.

The major relationship to flotation is that it has sodium carbonate or soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). When the slime of the gangue constitutes a serious problem, soda ash can be more effective for a better tenor of concentrate grade relative to the recovery.

## 2.6 COMPOSITION OF THE INVENTED REAGENT

The composition of the reagent of the current invention was prepared using proper quantities of the four indicated components: (a) pine oil, (b)  $\text{Na}_2\text{S}$ , (c)  $\text{H}_2\text{O}_2$  and (d)  $\text{NaHCO}_3$ , but prepared as a promoter-frother reagent with good selectivity for the application in the process of flotation Cu sulfide minerals.

The quantity of each component, employed very advantageously for preparing the composition of this invented reagent, varies the components (a), (b), (c) and (d) depending of the specific ore that is being tried and the desired regimen of recovery and selectivity.

The composition is understood to be approximately 1% to 10%, most preferably 2% to 8% of component (a), approximately 10% to 30%, most preferably 12% to 20% of component (b) in a 10% solution, approximately 15% to 36%, most preferably 22% to 34% of component (c) in a 50% solution and approximately 20% to 40 %, most preferably 25% to 36% of component (d).

In the most preferable form, the composition of the invented collector-frother reagent comprises approximately 3% to 7% by weight of component (a), approximately 13% to 18% by weight of component (b), approximately 25% to 33% by weight of component (c) and approximately 26% to 34% of component (d).

Below are included some examples of the new invented composition, whose quantities are given solely with the objective of serving as an illustration and do not constitute limitations on the same.

*Remainder of page has been blanked out*

## 3.0 EXAMPLES OF APPLICATION

### MINERALS UTILIZED

The behavior of the invented reagent has been proven fundamentally in the recovery of copper to separate the tailings of flotation plants, containing the chalcopyrite sulfide as the predominate copper mineral. The analysis of the copper content of the screen factions, obtained in the Laboraterio S. G. S. Chile, is as indicated below:

| SIZE<br>SCREEN # | %     | COPPER<br>grade, % Cu | Distribution % |
|------------------|-------|-----------------------|----------------|
| + 150            | 29.6  | 0.14                  | 22.6           |
| -150 + 180       | 7.5   | 0.12                  | 4.9            |
| -180 + 200       | 5.6   | 0.12                  | 3.8            |
| - 200            | 57.1  | 0.22                  | 68.7           |
| Total            | 100.0 | 0.16                  | 100.0          |

The main objective with the usage of the invented reagent was to find a way to obtain high recoveries in the obtaining of a preconcentrate or a rougher concentrate and, furthermore, to obtain a grade compatible with that required to feed a conventional flotation circuit, which is a value on the order of 1.0% copper or more.

#### EXAMPLE #1

Tailings with the characteristics indicated previously were processed in a cascade type installation, that consists of a series of *soltos* equidistant one from the others to produce a froth. The invented reagent was applied to the feed to the system with later adjustment of the pH with the addition of lime.

The concentrate samples were obtained with four dosages of the invented reagent in order to proceed to collect the froth for the space of 10 minutes continuously for each step. The concentrates were conducted to an alternate channel and afterward dried, weighed and entered for chemical analysis. The results obtained are those indicated below:

| SAMPLE | REAGENT |     | COPPER CONCENTRATE |            |
|--------|---------|-----|--------------------|------------|
|        | g/ton   | pH  | Grade % Cu         | Recovery % |
| 1      | 400     | 6.5 | 3.20               | 90.0       |
| 2      | 300     | 6.5 | 2.80               | 85.0       |
| 3      | 200     | 6.5 | 1.75               | 75.0       |
| 4      | 100     | 6.5 | 1.20               | 60.0       |

#### EXAMPLE #2

The same tailing indicated above was processed in one unit flotation cell with a capacity of 3.86 m<sup>3</sup>, with a conventional agitation mechanism, but increased to a velocity of 2,000 rpm. In this case, the results obtained as a function of the dosages or the invented reagent are given in the following:

## COPPER CONCENTRATE

| SAMPLE | REAGENT |     | Grade % Cu | Recovery % |
|--------|---------|-----|------------|------------|
|        | g/ton   | pH  |            |            |
| 1      | 200     | 6.5 | 4.20       | 91.0       |
| 2      | 150     | 6.5 | 3.44       | 82.3       |
| 3      | 100     | 6.5 | 1.76       | 68.0       |
| 4      | 50      | 6.5 | 0.82       | 40.0       |

## CLAIMS

1. A promotor-frother composition of good selectivity and that can be applied with complementary reagents for the flotation of finely-ground sulfide minerals of Cu and in the retreatment of Cu tailings coming from flotation plants with a single reagent, characterized because it comprises
  - a) approximately 1% to 10%, most preferably 2% to 8%, by weight of pine oil,
  - b) Approximately 10% to 30%, most preferably 12% to 20%, by weight of sodium sulfide (Na S) in a 10% solution,
  - c) Approximately 15% to 36%, most preferably 22% to 34%, by weight of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) in a 50% solution, and
  - d) Approximately 20% to 40%, most preferably 25% to 38%, by weight of sodium bicarbonate ( $NaHCO$  ).
2. The promotor-frother composition of claim 1, characterized because it contains, preferably, 3% to 7% by weight of pine oil.
3. The promotor-frother composition of claim 1, characterized because it contains, preferably, 13% to 18% by weight of sodium sulfide.
4. The promotor-frother composition of claim 1, characterized because it contains, preferably, 25% to 33% by weight of hydrogen peroxide.
5. The promotor-frother composition of claim 1, characterized because it contain, preferably, 26% to 34% sodium bicarbonate.